Science Council of Canada
Conseil des sciences du Canada

Discussion Paper

Engineering Education in Canada: Some Facts and Figures

Dominique Mascolo
Peter M. Wright
Gordon R. Slemon

ENGINEERING EDUCATION IN CANADA: SOME FACTS AND FIGURES

A Discussion Paper
by Dominique Mascolo,
Peter M. Wright, and
Gordon R. Slemon

January 1985

Engineering Education in Canada: Some Facts and Figures was extracted from a report written in March 1983 by Dr Dominique Mascolo for the Science Council of Canada. It was edited by P.M. Wright and G.R. Slemon.

Discussion papers are working documents. They are made available by the Science Council of Canada, in limited numbers, to interested groups and individuals for the benefit of their comments.

The views expressed in this discussion paper are those of the author and are not necessarily endorsed by the Science Council of Canada.

Copies of

Engineering Education in Canada: Some Facts and Figures

are available
free of charge from:

The Publications Office
Science Council of Canada
100 Metcalfe Street
Ottawa, Ontario.
K1P 5M1

Des exemplaires de
La formation en génie au Canada : faits et chiffres
sont disponibles gratuitement

Minister of Supply and Services, 1985

Catalogue No. SS21-5/1985-1E
ISBN 0-662-13507-1

CONTENTS

Preface		5
I.	**The Canadian Engineering Education System: Its Nature and Resources**	7
	The Growth of the Engineering Profession in Canada	7
	Universities and Engineering Programs	7
	Faculty	10
	Resources, Funding, and Salaries	10
II.	**Challenges Facing Canadian Engineering Education**	14
	Curriculum	14
	Students	15
	Faculty	16
	Facilities and Equipment	17
III.	**Conclusions and Areas for Future Study**	19
	Engineering Education: Technology is Not Enough	19
	Information About Engineering Personnel	19
	Education of Future Faculty Members	19
	Industry-University Relations	20

PREFACE

In April 1983, the Canadian Council of Professional Engineers and the Science Council of Canada invited 40 prominent engineers from universities, government, and industry to a Conference on Engineering Education to examine some of the most serious problems facing the Canadian engineering education system. As background to this conference, Dr Dominique Mascolo was commissioned by the Science Council of Canada to prepare a discussion report. This is a summary of that report, condensed under the following headings:

I. The Canadian Engineering Education System: Its Nature and Resources
II. Challenges Facing Canadian Engineering Education
III. Conclusions and Areas for Future Study

The editors have tried to be faithful to the intent of the original report. In a few places additional information has been introduced where it contributes to an enhanced understanding of the situation.

I. THE CANADIAN ENGINEERING EDUCATION SYSTEM: ITS NATURE AND RESOURCES

The Growth of the Engineering Profession in Canada

The two sources of Canadian professional engineers are Canadian engineering colleges and immigration. Table 1 shows, by region for the years 1952, 1962, 1972, 1977, and 1982, the membership in professional engineering associations, the number of bachelor's degrees granted in each region, and the ratio of degrees granted to association membership. The figures provide a clear indication of the mobility of young engineers as some regions have consistently educated more engineers than were needed, and others, fewer. Before 1962, the Quebec and Ontario regions were net importers of graduates, but since 1972, the Ontario region has followed the national average while the western region has replaced the Quebec region as a net importer of engineering graduates.

The distribution by specialization of Canadian engineering graduates and of immigrant engineers over a 10-year period is shown in Table 2. From 1972 to 1981, 46 000 engineers received degrees in Canada and from 1970-79, 16 000 immigrated to Canada.

Universities and Engineering Programs

The present Canadian engineering education system consists of 28 institutions that offer bachelor's degrees in engineering. Another nine offer partial programs and are considered feeder schools. Table 3 lists the universities that have engineering schools, their main programs, the 1981-82 undergraduate enrolments, and the percentage of their engineering students who are in the graduating class. (Two other universities, Simon Fraser and Victoria, are in the process of establishing engineering faculties but as of 1982-83 had not enrolled any students.)

In 1968-69, 19 accredited institutions offered 14 different programs. Since then, the number of institutions has increased by 50 per cent, the undergraduate enrolment has increased by 45 per cent, and the number of different titles of programs has tripled. In 1981-82, the nine new institutions accounted for 12 per cent of the total enrolment.

Three engineering institutions (Ecole Polytechnique, The Technical University of Nova Scotia, and the Royal Military College) are funded directly by the provincial or federal government. Three engineering programs (Laval, Ottawa, and Moncton) operate within faculties that include other science disciplines. All the others are self-contained faculties or colleges receiving their funding from provincial authorities through their parent universities.

The minimum standards for accreditation of engineering programs are set and monitored by the Canadian Accreditation Board of the Canadian Council of Professional Engineers. Canada and the United States are among the few countries in the world to have well-developed accreditation procedures for

Table 1 - Total Membership in Professional Engineering Associations (M) and Engineering Degrees Granted (D)

Year	1952			1962			1972			1977			1982		
Region	M	D	(D/M%)	M	D	(D/M%)	M	D	(D/M%)	M	D	(D/M%)	M	D	(D/M%)
Atlantic	748	191	(25.5)	1437	216	(15.0)	3256	341	(10.5)	4417	304	(6.9)	5162	534	(10.3)
Quebec	4693	355	(7.6)	10774	677	(6.3)	15242	1041	(6.8)	20565	967	(4.7)	25009	1594	(6.4)
Ontario	10416	626	(6.0)	20397	863	(4.2)	33714	1815	(5.4)	44669	1863	(4.2)	50082	2717	(5.4)
West	3112	452	(14.5)	9733	831	(8.5)	18149	976	(5.4)	25739	854	(3.3)	34874	1473	(4.2)
Canada	18969	1624	(8.6)	42341	2587	(6.1)	70361	4173	(5.9)	95390	3988	(4.2)	115127	6318	(5.5)

Table 2 - Canadian Engineering Graduates and Engineering Immigrants

	Canadian Graduates (1972-1981)		Immigrants (1970-1979)		Immigrants/ Graduates
	#	% of Canadian total	#	% of total immigrants	%
Civil	11616	25.1	3394	21.3	29.2
Electrical	11046	23.8	3711	23.3	33.6
Mechanical	10295	22.2	3467	21.8	33.7
Chemical	4657	10.0	1486	9.3	31.9
Geology	1422	3.1	NA	-	-
Industrial	1430	3.1	1964	12.3	137.3
Metallurgy	1010	2.2	103	0.6	10.2
Mining	966	2.1	571	3.6	59.1
Others	3888	8.4	1235	7.8	31.8
Total	46330	100.0	15931	100.0	34.4

Source: Engineering Manpower News (25 November 1980, 24 August 1980).

Table 3 - Engineering Programs in Canada (1981-1982)

University	Degree Programs										No. of Undergraduates
	Civil	Elec.	Mech.	Chem.	Geol.	Ind.	Metal.	Mining	Eng. Phy/Sci.	Other	(% in final year)
Technical University of Nova Scotia	x	x	x	x			x	x		x	519 (42.4)
New Brunswick	x	x	x	x						x	1207 (19.1)
Memorial	x	x	x							x	498 (14.3)
Moncton	x					x					195 (14.9)
Dalhousie										x	393 (0)
Acadia, St. Mary's, Mount Allison, PEI, St. Francis Xavier											737 (0)
Total for Atlantic											3549 (15.7)
Ecole Polytechnique	x	x	x	x	x	x	x	x	x		2395 (15.2)
McGill	x	x	x	x				x		x	1719 (25.8)
Laval	x	x	x	x	x		x	x	x	x	1691 (20.9)
Concordia	x	x	x							x	840 (19.6)
Sherbrooke	x	x	x	x							955 (14.6)
Univ. de Québec (Trois-Rivières)		x				x					398 (9.5)
Univ. de Québec (Chicoutimi)					x						370 (14.1)
Collège Militaire St. Jean											138 (0)
Total for Quebec											8506 (18.3)
Carleton	x	x	x							x	964 (21.7)
Guelph										x	263 (15.6)
Lakehead	x	x	x	x							433 (15.2)
Laurentian							x	x			214 (0)
McMaster	x	x	x	x			x		x	x	1309 (16.1)
Ottawa	x	x	x	x							1151 (19.6)
Queen's	x	x	x	x	x		x	x	x	x	1742 (22.6)
Royal Military College	x	x	x				x		x	x	515 (14.8)
Toronto	x	x	x	x	x	x	x		x		2772 (22.2)
Waterloo	x	x	x	x						x	3208 (17.5)
Western Ontario	x	x	x	x			x				1013 (17.0)
Windsor	x	x	x	x	x	x	x				850 (19.6)
Total for Ontario											14434 (18.2)
Alberta	x	x	x	x			x	x		x	1977 (21.5)
British Columbia	x	x	x	x	x		x	x	x	x	1727 (20.1)
Calgary	x	x	x	x						x	1225 (19.0)
Manitoba	x	x	x		x					x	1279 (22.9)
Regina										x	217 (0)
Royal Roads Military College											196 (0)
Saskatchewan	x	x	x	x	x				x	x	1045 (24.3)
Total for West	x	x	x	x	x		x	x	x	x	7666 (20.2)

engineering programs. In Canada, the minimum curriculum requirements for accreditation are: one half year of mathematical foundation, one half year of basic sciences, two years of engineering sciences, design, and synthesis (with no less than one half year of each), and one half year consisting of humanities, social sciences, and administrative studies. The last of these requirements introduces an element of breadth thereby making engineering one of the few professional fields of study with such an embedded overtone of multidisciplinarity.

Faculty

Eighty per cent of the 2360 full-time faculty members in engineering and applied science at the time of the study were Canadian citizens and 57 per cent had obtained their first degree in Canada. Of the remainder, 23 per cent had obtained their first degree in Europe and 7 per cent had first degrees from the United States. For other university disciplines, the citizenship and Canadian first-degree figures are very similar; however, 17 per cent of all university faculty members had obtained their first degree in the United States.

Over the past 25 years, the percentage of engineering faculty members who had doctoral degrees increased from 21 per cent to 83 per cent, whereas for the physical sciences over the same period, the increase was from 65 per cent to 85 per cent. In 1981-82, Ontario had the largest percentage of PhD holders in engineering (88 per cent), while in the Atlantic region and Quebec the figure was just over 70 per cent. With a few exceptions, the figures for individual institutions are close to the regional averages.

Based on a survey of 60 per cent of the engineering programs, it can be concluded that the industrial experience of faculty members is low in most institutions. It is particularly low for younger faculty members who have been hired mainly on the basis of their academic qualifications. Over an average 25-year professorial career, 19 years have been spent at a university, five years in industry or government and one year in other environments.

The distribution by professorial rank is quite different for the four regions. For example, the percentage of full professors within an engineering faculty is 40 per cent in the Atlantic region and 63 per cent in the West. This is consistent with the fact that 30 per cent of the engineering professors in the Atlantic region were hired within the past five years. A similar picture emerges when age profiles are studied. Seventy per cent are between the ages of 40 and 60, and 6 per cent of the staff members are over the age of 60. A few schools will likely have acute problems in replacing retired professors in 10 to 15 years' time. Finally, 14 per cent of the faculty members have left the university in the last five-year period, a number that far exceeds the number of retirements. It is known that a major cause of resignation is the increasingly unattractive work environment offered by engineering faculties in comparison with that in industry and government.

Resources, Funding, and Salaries

Data on resources available to engineering faculties were obtained from a questionnaire sent to all deans of engineering and from the annual surveys conducted by the National Committee of Deans of Engineering and Applied Sciences. In addition, federal government departments provided valuable information on research grants and contracts held by individual faculty members. Two years, 1976-77 and 1981-82, were selected for the purpose of establishing trends in resource availability.

Approximately 70 per cent of total operating revenue available to engineering education programs is provided by central university administrations, which in turn have received it from provincial governments. Three different systems are used by provincial authorities to fund operational expenditures. In Ontario, the system is based on the Basic Income Unit: each university receives an amount based on the number of students, with different amounts assigned to different levels of study. Similar methods are used in British Columbia and the Atlantic provinces. In Quebec, funds are assigned to universities on the basis of standard

averaged actual student costs per institution. In the western provinces, university funding is based more or less on historical funding.

In addition to these operating revenues from provincial agencies, universities also receive revenue from student fees (which are often effectively fixed by provincial governments), institutional investments, research grants and contracts, gifts and endowments in various forms, and special government funding. For at least one large engineering faculty, operating revenue from provincial education sources is now less than 50 per cent of its total revenue.

Table 4 shows the 1981-82 distribution by region of the operational expenditures in the areas of teaching and support staff, equipment, and supplies. The substantial regional differences may be accounted for by internal styles of operating, for example, the proportion of the teaching handled by the engineering faculty. Federal research grants have not been included in the data for operating revenue. On a national average basis, these research grants are equivalent to 25 per cent of the operating revenues. In Ontario they amount to 30 per cent of the operating expenditures and to roughly 20 per cent in the three other regions.

A detailed analysis of salaries paid to full-time faculty members showed that the average salary paid to a full-time professor was $44 300 in 1981-82. The lowest salaries were in Ontario while the Quebec engineering programs paid the highest average salary to a faculty which, on average, was younger than in the three other regions.

A comparison of certain resource data for the years 1976-77 and 1981-82 is summarized in Table 5. These figures are startling because they reveal that there has been an increase of only 5.9 per cent in the expenditure per bachelor's degree even though inflation over the five-year period is about 30 per cent. In addition, the number of students per staff member increased 15 per cent. There has evidently been an increase in productivity, but at what cost in quality?

How does engineering compare with other disciplines? Basic data, by discipline, on enrolments, numbers of faculty, and degrees granted, have been computed from figures supplied by Statistics Canada. Table 6 summarizes this information for the period 1970-71 to 1979-80 for all disciplines, engineering and applied science, management/administrative studies, and law. These data confirm that the number of engineering professors has not kept pace with enrolments and graduations. It has also been shown by several studies that the number of engineering degrees awarded in Canada and the United States is only about 6 per cent of the total number of degrees awarded for all disciplines. In countries such as Japan and West Germany, the number of engineering degrees as a percentage of population is as much as three times higher than that in Canada.

Table 4 - Distribution of Operating Expenditures* (1981-1982)

Region	Teaching Staff: Full-Time Equivalent	Teaching Staff: $10^6	Teaching Staff: % of regional total	Support Staff: Full-Time Equivalent	Support Staff: $10^6	Support Staff: % of regional total	Equipment/Supplies: $10^6	Equipment/Supplies: % of regional total	Total (by region): $10^6	Total (by region): % of national total
Atlantic	244	8.0	(75%)	107	1.4	(13%)	1.2	(11%)	10.6	(7%)
Quebec	633	33.0	(68%)	476	12.1	(25%)	3.5	(7%)	46.6	(31%)
Ontario	1113	41.7	(71%)	554	12.7	(22%)	4.6	(8%)	59.0	(37%)
West	704	24.4	(61%)	366	8.6	(23%)	5.0	(13%)	36.0	(25%)
Total (all regions)	2694	107.1	(69%)	1505	34.8	(22%)	14.3	(9%)	156.2	(100%)

*Excluding research grants and contracts

Table 5 - Percentage Increases (Decreases) in Operating Expenditures: 1976-77 to 1981-82

Region	Operating Expenditures	$/Undergraduate	$/Bachelor's Degree	Student/Faculty Ratio
Atlantic	54.5%	18.9%	(-11.5%)	24.6%
Quebec	73.3%	20.5%	5.2%	15.8%
Ontario	51.4%	23.9%	4.9%	11.9%
West	89.5%	52.6%	9.8%	12.5%
National	67.4%	29.9%	5.9%	14.7%

Table 6 - Performance Indicators for Some University Disciplines (1970-1971 to 1979-1980)

	All Disciplines				Engineering**			
Academic Year	Weighted Total Enrolment	Professors	WTE* / Prof.	Degrees / Prof.	Weighted Total Enrolment	Professors	WTE* / Prof.	Degrees / Prof.
1970-1971	371 241	24 603	15.1	3.19	37 815	2 057	18.4	2.58
1973-1974	401 519	29 245	13.7	NA	37 076	2 156	17.2	NA
1976-1977	458 615	32 082	14.3	3.01	45 611	2 351	19.4	2.57
1979-1980	468 390	32 890	14.2	3.07	49 746	2 321	21.4	3.48

	Management/Admin. Studies				Law			
Academic Year	Weighted Total Enrolment	Professors	WTE* / Prof.	Degrees / Prof.	Weighted Total Enrolment	Professors	WTE* / Prof.	Degrees / Prof.
1970-1971	28 102	712	39.5	6.18	7 741	401	19.3	4.90
1973-1974	37 783	1 051	35.9	5.07	9 261	489	18.9	NA
1976-1977	50 933	1 490	34.2	5.41	10 207	560	18.2	4.80
1979-1980	62 656	1 760	35.6	5.86	10 862	569	19.1	5.30

* WTE=Weighted Total Enrolment (Undergraduate=1, Graduate=3, part-time=1/3 of full-time)
** Includes Architecture and Forestry

II. CHALLENGES FACING CANADIAN ENGINEERING EDUCATION

Engineering enrolments have experienced sizable increases in the past few years. Among the reasons for this have been the favourable employment situation before 1982, the decreased failure rates noted in some institutions and the increased rate of student persistence observed in others. Besides, in most Canadian engineering faculties, the percentage of the total teaching done by engineering professors has increased over the past decade. The cumulative effect of all of these factors is such that on the average, individual engineering faculty members have had to assimilate an increase in the work load of approximately 5 per cent in each of the past three years. Many observers, both internal and external to engineering faculties, believe that this increase has been detrimental to the quality of engineering education.

Curriculum

The two greatest challenges facing the engineering curriculum are predicting future shifts in the employment of engineers and incorporating new ideas and technology.

Engineering work is divided up into management, marketing, production, design, and research and development (R&D). The estimated proportion of engineers in each area is shown in Table 7 along with the predicted distribution in 10 years.

These anticipated shifts in employment patterns will occur partly because of the increasing availability of technicians and technologists and partly because people with engineering backgrounds frequently progress to top management both in large corporations or become owners of small firms in the manufacturing and service sectors.

The uncertainty of future trends in engineering employment coupled with the certainty that attempting to meet industry's short-term needs is not an appropriate educational goal are leading engineering educators

Table 7 - Estimated Proportion of Engineers in Different Areas of Engineering

	1984	1995
Management	25%	30%
Marketing	10%	10%
Production	45%	30%
Design	10%	15%
Research and Development	10%	15%

to upgrade standards both in terms of depth and breadth. Faculties are trying to keep pace with the technological developments needed for careers in design and research while at the same time providing a better base for future success in management. The former requires equipment that is constantly needing modification or replacement; the latter involves increased emphasis on engineering economics, technical communications, and a general background in humanities and social sciences.

In the short term, it will not be possible for all relevant technological developments to be fully introduced in all programs. What is important is that the curriculum be presented so as to allow individual students to acquire new tools as they emerge and to adapt to new situations as they progress through their engineering careers. In this sense, engineering curriculum content, although important, is not the key requirement for excellence in engineering education; rather, it is the quality of the academic staff and their accessibility to students.

The Canadian accreditation procedure for engineering education is effective in ensuring that curricula meet certain minimum standards. It cannot, however, be looked upon as a procedure for establishing standards of excellence. Developing the best students to their full potential as future engineers requires that they have substantial contact with the teaching staff. That is only possible if student-staff ratios are kept within reasonable limits. Meeting this criteria will also ensure that the faculty have the time to integrate current technology and scientific knowledge into the curricula.

Students

Most deans of engineering in Canada agree that the quality of students coming from high schools has been steadily increasing. This increase is due in part to rising standards for admission and in part to improvements in the teaching of science and mathematics in the final years of high school. However, there is considerable concern about the failure of high schools to emphasize technology as compared to pure science and about the quality of the teaching of science and mathematics at the Grade 10 level, when most students start to make their primary career decisions.

There are distinct differences between the provinces in the preparation of students for entry to universities. These differences are not significant for most students because provincial universities are aware of the backgrounds of students from high schools in their province. They are much more important for students who attend a university in another province.

Although the quality of students has generally improved, this does not overcome problems associated with overcrowding such as heavier teaching loads for professors, curtailed programs, competition for the use of equipment and facilities, and inadequate exposure of students to state-of-the-art technology. The Council of Ontario Deans of Engineering and others have suggested limits for class size in order to achieve acceptable quality (Table 8).

Finally, on a national scale, 63 per cent of the graduates during the period 1972-73 to 1981-82 satisfied the degree requirements in the accepted eight academic terms, 20 per cent needed nine terms, and 14 per cent, 10 terms. There appears to be an increase in the persistence rate, that is, the average number of terms required to complete degree requirements. In addition, institutions that admit all candidates who satisfy a minimum standard have both a higher persistence rate and a higher failure rate than do institutions that are more selective in their admissions. For institutions with minimal entrance standards, up to 50 per cent of the initial admissions have abandoned their engineering studies before the fifth term as compared to 12 per cent for the institutions with the highest admissibility criteria. The number of enrolled students who eventually complete the undergraduate degree also varies from a low of 45 per cent to a high of 85 per cent with the latter occurring in faculties which have the highest admission standards. These indicators all reveal that the efficiency with which resources are used depends

Table 8 - Optimum Limits of Class Size

Types of Instruction	Number of Students
Level I engineering lecture	60-120
Tutorial session	20-30
Level III or IV design tutorial	20
Laboratory session*	15-20
Work bench in a laboratory session	2
Team for a term project	3

* Laboratory sessions should not be demonstration sessions.

Table 9 - Allocation of Workload of Engineering Faculty Members

Function	Percentage of Time Allotted
Teaching, tutoring, and counselling	25 - 50
Research and graduate students	15 - 45
Internal administration	5 - 10
Curriculum changes and follow-up	10 - 15
Services to the community	10 - 15

on admission policies. The key problem is that engineering admission policies are often set in response to governmental policy on university funding or to a general government policy of universal accessibility. It seems clear that certain institutions could benefit from higher admission standards.

Faculty

The quality of the faculty members is undoubtedly the cornerstone of quality engineering education. The demonstration of individual autonomy, creativity, and excellence represented by the doctoral degree has been satisfied by over 80 per cent of present-day faculty members.

Once admitted to an engineering faculty, staff members are expected to keep themselves informed about progress in their area, generate new knowledge through research, make their knowledge available to students, and stimulate students to become creative, able engineers. These conditions are more or less the prerequisities for promotion and career progression.

On average, the workload of engineering faculty members is allocated as shown in Table 9.

Adequate support personnel are also essential for quality education. There

should be one teaching assistant to grade assignments in lecture courses for every 30 students, as many technicians for the repair and maintenance of equipment as there are faculty members, and one secretary for every three faculty members.

Another indicator of the impact of student enrolment on the quality of education is the student-to-faculty ratio. This is related to the global research involvement of the engineering education program. Reasonable values are shown in Table 10.

In 1981-82 the average student-to-faculty ratio for seven of the largest engineering education programs in Canada was 18 and yet most of the institutions in this group are regarded as research-oriented.

Facilities and Equipment

Most observers agree that problems with equipment are now being encountered in engineering education and more can be expected in the near future. For the past decade, engineering laboratory facilities have not kept pace with technological development. They have deteriorated because of minimal maintenance and replacement budgets and increasing use by ever larger numbers of students.

Funds are needed for the following purposes:

- operation, maintenance, repair, and replacement of existing adequate equipment;
- replacement of obsolete or outdated equipment by new apparatus;
- introduction of new equipment corresponding to recent technological advances;
- duplication required in some schools in order to reduce the size of laboratory groups;
- introduction of new laboratory experiments;
- research needs of faculty members and graduate students.

The demands are enormous compared with the available funds. The problem has been compounded by the fact that many of the engineering education buildings were built in a period in which funds were made available for much of the original equipment as part of the initial capital cost. Now these same buildings need substantial re-equipping. The situation is even more serious for the institutions operating in old buildings that date back as many as 100 years.

Assessing the amounts of money needed to remedy the situation is difficult for a number of reasons. First, equipment budget standards based on a unit allocation for each student (for example, $200/student-year for lower levels, $500/student-year for upper levels) or on depreciation periods have not been accepted either by universities or by funding agencies. Secondly, current inventories of existing equipment are not kept up to date in all universities. Thirdly, equipment needs are not the same for all departments in an engineering school, and for all areas within the same department. Thus, preference lists are established and needs are met one by one as funds become available.

A recent survey of over 3000 NSERC grant holders revealed that the total value of all

Table 10 - Student-to-Faculty Ratios for Different Engineering Programs

Mission of Program	Student/Faculty Ratio
Highly research-oriented	8
Undergraduate teaching and research	8-16
Principally teaching-oriented	16

research equipment in engineering faculties is equivalent to about $60 000 per faculty member and the annual maintenance cost is about $5000. The survey also revealed that some 40 per cent of existing engineering research equipment was purchased through NSERC funding and 60 per cent through faculty funds. Even if NSERC could increase its funding for equipment, it is doubtful if the faculties could. One suggested innovation is to shift some of the student laboratory work to experiments done in an industrial environment with the cooperation of local industry.

III. CONCLUSIONS AND AREAS FOR FUTURE STUDY

The three most important conclusions of the report are:

1. Because of large increases in student enrolment and the constant need to upgrade the technological content of the engineering curriculum, faculty members' workloads in engineering schools across Canada have increased significantly in the last few years. They have now reached levels that, at the very least, are not conducive to ensuring quality engineering education.
2. Unless radically innovative changes are introduced in both the financial and educational treatment of doctoral graduate students, the qualified people required to solve the workload problem cannot be produced by the Canadian engineering education programs.
3. Operational expenditures allocated to the funding of support personnel, equipment, and supplies are much below the level that is needed to ensure high-quality engineering education.

The pressures thus exerted have not, however, prevented the professorial staff from increasing productivity, both in terms of costs-per-degree-granted and in terms of workloads. To what extent this increase in productivity has led to an actual deterioration of the quality of Canadian engineering education is unclear. However, if nothing is done, both the quality of the graduates and also the numbers of graduates will be greatly reduced.

Engineering Education: Technology is Not Enough

Since the early part of the century, engineering education has moved from professional empiricism, through engineering science, to the current emphasis on social interaction. In order to integrate the exploitation of technology into society, engineering curricula will need to devote more time to the understanding of areas such as interactions between production units, internal and external markets, and the political, social, economic, and human environments of our society. At the same time, additional opportunities should be provided for non-engineering students to come into contact with engineering professors.

Information About Engineering Personnel

Engineering personnel is one of the most important sectors of highly-qualified human resources needed for economic development. Questions about the future requirements for engineering personnel, in terms of numbers and quality of education, remain unanswered. Further, there is a need to know more about the wealth-producing effects of engineering in both traditional and nontraditional roles.

Education of Future Faculty Members

A large number of new faculty members will be needed during the coming decade to replace

professors who retire or resign, and to reduce student-faculty ratios. Moreover, universities will be competing with industry and government for the same highly qualified people.

It has been estimated that 65 new engineering faculty members will be needed in Canada each year for the next five years. Although the current production of engineering doctorates in Canada is about double that number, only 15 per cent are considering university careers. Thus, there will be an unfilled demand that could be as high as 40 per year.

One good way to fill this demand would be the creation of internship programs whereby doctoral candidates would pursue their research work in an industrial environment. Probably 80 internships would be needed per year assuming 50 per cent choose to return to academic positions.

Incentives and opportunities should be provided for faculty members to obtain industrial experience and increase their awareness of the needs of the industrial environment. This experience should be an important factor in the allocation of promotions and salary increases.

Industry-University Relations

In the past, the direct contribution of Canadian industry to postsecondary education has been minimal. Recently, however, it has been increasing. Three ingredients are required for the partnership of industry and university to be successful: motivation, mutual understanding, and money. With encouragement from industry, governments, and the engineering profession, there are tremendous benefits to be gained as Canadian engineering faculties respond to the new opportunities and challenges of the 1980s and 1990s.

Conseil des sciences du Canada
Science Council of Canada

Document d'étude

La formation en génie au Canada : faits et chiffres

Dominique Mascolo
Peter M. Wright
Gordon R. Slemon

LA FORMATION EN GENIE AU CANADA :
FAITS ET CHIFFRES

Document d'étude

Dominique Mascolo, Peter M.
Wright et Gordon R. Slemon

Janvier 1985

La formation en génie au Canada : faits et chiffres est tiré d'un document rédigé en mars 1983 par M. Dominique Mascolo à l'intention du Conseil des sciences du Canada. Il a été édité par P.M. Wright et G.R. Slemon.

Les documents d'étude sont des documents de travail que le Conseil des sciences du Canada met à la disposition des personnes ou groupes intéressés, en quantité limitée, pour connaître leurs réactions.

Les vues exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur; elles ne reflètent pas nécessairement l'opinion du Conseil des sciences du Canada.

Vous pouvez vous procurer gratuitement des exemplaires de :

La formation en génie au Canada : faits et chiffres

auprès du :

Service des publications
Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa, Ont.
K1P 5M1

Copies of
Engineering Education in Canada: Some Facts and Figures
are also available free of charge

Ministre d'Approvisionnements et Services Canada, 1985

N^{o} de catalogue SS21-5/1985-1F
N^{o} d'ISBN 0-662-13507-1

TABLE DES MATIERES

Préface	5
I. Le système canadien de formation en génie : sa nature et ses ressources	7
La croissance de la profession d'ingénieur au Canada	7
Les universités et les programmes de génie	7
Le corps professoral	10
Les ressources, les subventions et les salaires	10
II. Les défis que doit relever la formation en génie au Canada	14
Le programme	14
Les étudiants	15
Le corps professoral	16
Installations et équipement	17
III. Conclusions et recommandations	19
La formation en génie n'est pas uniquement une question de technologie	19
Ce qu'il faut savoir à propos des ingénieurs	19
Formation des futurs professeurs	20
Relations industrie-université	20

PREFACE

En avril 1983, le Conseil canadien des ingénieurs professionnels et le Conseil des sciences du Canada ont invité 40 ingénieurs universitaires, gouvernementaux et industriels éminents à une conférence sur la formation en génie, dans le but d'étudier quelques-uns des problèmes les plus sérieux qui menacent le système de formation en génie du Canada. A la demande du Conseil des sciences du Canada, M. Dominique Mascolo a préparé un document d'étude qui a servi de document de base à la conférence.

Voici un résumé de ce document, condensé sous les rubriques suivantes :

I. le système canadien de formation en génie : sa nature et ses ressources
II. les défis à relever dans la formation en génie au Canada
III. les conclusions et les domaines qu'il faudra étudier.

Les éditeurs ont voulu respecter l'intention du document original. A certains endroits, on a introduit des renseignements supplémentaires lorsqu'ils permettaient de mieux comprendre la situation.

I. LE SYSTEME CANADIEN DE FORMATION EN GENIE : SA NATURE ET SES RESSOURCES

La croissance de la profession d'ingénieur au Canada

Les deux sources d'ingénieurs professionnels canadiens sont les collèges de génie canadiens et l'immigration. Au tableau 1 figurent, par région, pour les années 1952, 1962, 1972, 1977 et 1982, le nombre de membres adhérant à des associations d'ingénieurs professionnels, le nombre de diplômes de premier cycle détenus dans chaque région et le pourcentage des diplômes que détiennent les membres des associations. Les chiffres indiquent clairement la mobilité des jeunes ingénieurs car, dans certaines régions, on a toujours formé plus d'ingénieurs qu'il n'était nécessaire, et moins dans d'autres. Avant 1962, les régions du Québec et de l'Ontario étaient celles qui importaient des diplômés, mais depuis 1972, la région de l'Ontario a suivi la moyenne nationale alors que la région de l'Ouest a remplacé le Québec comme région importatrice de diplômés en génie.

La distribution, par spécialisation, des diplômés en génie du Canada et des ingénieurs immigrants sur une période de 10 ans figure au tableau 2. De 1972 à 1981, 46 000 ingénieurs ont reçu leurs diplômes au Canada et, de 1970 à 1979, 16 000 ingénieurs ont immigré au Canada.

Les universités et les programmes de génie

Le système canadien de formation en génie comporte à l'heure actuelle 28 établissements qui décernent des diplômes de premier cycle en génie. Neuf autres établissements offrent des programmes partiels et sont considérés comme des écoles supplémentaires. Au tableau 3 figurent la liste des universités qui possèdent des écoles de génie, leurs principaux programmes, le nombre des inscriptions de premier cycle en 1981-1982 et le pourcentage des étudiants en génie qui font des études supérieures. (Deux autres universités, Simon Fraser et Victoria, sont en voie d'établir des départements de génie mais, en 1982-1983, aucun étudiant n'y était inscrit.)

En 1968-1969, 19 établissements agréés offraient 14 programmes différents. Depuis lors, le nombre des établissements s'est accru de 50 pour cent, celui des inscriptions de premier cycle s'est accru de 45 pour cent et le nombre des divers sujets de programme a triplé. En 1981-1982, les neuf nouveaux établissements rendaient compte de 12 pour cent de l'inscription totale.

Trois établissements de génie (l'Ecole polytechnique, The Technical University of Nova Scotia et le Royal Military College) sont subventionnés directement par le gouvernement provincial ou fédéral. Trois programmes en génie (universités Laval, d'Ottawa et de Moncton) fonctionnent au sein de départements qui comportent d'autres disciplines scientifiques. Tous les autres sont des départements ou des collèges indépendants financés par les gouvernements provinciaux par l'intermédiaire de leurs universités mères.

Tableau 1 - Nombre total des membres des associations d'ingénieurs professionnels (M) et nombre de diplômes de génie décernés (D)

Année	1952			1962			1972			1977			1982		
Région	M	D	(D/M%)	M	D	(D/M%)	M	D	(D/M%)	M	D	(D/M%)	M	D	(D/M%)
Atlantique	748	191	(25.5)	1437	216	(15.0)	3256	341	(10.5)	4417	304	(6.9)	5162	534	(10.3)
Québec	4693	355	(7.6)	10774	677	(6.3)	15242	1041	(6.8)	20565	967	(4.7)	25009	1594	(6.4)
Ontario	10416	626	(6.0)	20397	863	(4.2)	33714	1815	(5.4)	44669	1863	(4.2)	50082	2717	(5.4)
Ouest	3112	452	(14.5)	9733	831	(8.5)	18149	976	(5.4)	25739	854	(3.3)	34874	1473	(4.2)
Canada	18969	1624	(8.6)	42341	2587	(6.1)	70361	4173	(5.9)	95390	3988	(4.2)	115127	6318	(5.5)

Tableau 2 - Diplômés en génie canadiens et ingénieurs immigrants

	Diplômés canadiens (1972-1981)		Immigrants (1970-1979)		Immigrants/ diplômés (%)
	#	Pourcentage total des Canadiens	#	Pourcentage total des immigrants	%
Civil	11616	25.1	3394	21.3	29.2
Electrique	11046	23.8	3711	23.3	33.6
Mécanique	10295	22.2	3467	21.8	33.7
Chimique	4657	10.0	1486	9.3	31.9
Géologique	1422	3.1	NA	-	-
Industriel	1430	3.1	1964	12.3	137.3
Métallurgique	1010	2.2	103	0.6	10.2
Minier	966	2.1	571	3.6	59.1
Autres	3888	8.4	1235	7.8	31.8
Total	46330	100.0	15931	100.0	34.4

Source : Engineering Manpower News (25 novembre 1980, 24 août 1980).

Tableau 3 - Programme en génie au Canada (1981-1982)

Université	Programme de 1er cycle: Civil	Elec.	Méch.	Chim.	Géol.	Ind.	Métal.	Min.	Gén. Phy/Sci.	Autres	No. des étudiants premier cycle (pourcentage pendant la dernière année)
Technical University of Nova Scotia	X	X	X	X			X	X		X	519 (42.4)
du Nouveau-Brunswick	X	X	X	X						X	1207 (19.1)
Memorial	X	X	X							X	498 (14.3)
de Moncton	X					X					195 (14.9)
Dalhousie										X	393 (0)
Acadia, St. Mary, Mount Allison, de l'Ile-du-Prince-Edouard St. Francis Xavier											737 (0)
Total pour l'Atlantique											3549 (15.7)
Ecole polytechnique	X	X	X	X	X	X	X	X	X		2395 (15.2)
McGill	X	X	X	X				X		X	1719 (25.8)
Laval	X	X	X	X	X		X	X	X	X	1691 (20.9)
Concordia	X	X	X							X	840 (19.6)
de Sherbrooke	X	X	X	X							955 (14.6)
Univ. du Québec (Trois-Rivières)		X				X					398 (9.5)
Univ. du Québec (Chicoutimi)					X						370 (14.1)
Collège Militaire de St-Jean											138 (0)
Total pour le Québec											8506 (18.3)
Carleton	X	X	X							X	964 (21.7)
de Guelph										X	263 (15.6)
Lakehead	X	X	X	X							433 (15.2)
Laurentienne							X	X			214 (0)
McMaster	X	X	X	X			X		X	X	1309 (16.1)
d'Ottawa	X	X	X	X							1151 (19.6)
Queen's	X	X	X	X	X		X	X	X	X	1742 (22.6)
Royal Military College	X	X	X				X		X	X	515 (14.8)
de Toronto	X	X	X	X	X	X	X		X		2772 (22.2)
de Waterloo	X	X	X	X						X	3208 (17.5)
Western Ontario	X	X	X	X			X				1013 (17.0)
de Windsor	X	X	X	X	X	X	X				850 (19.6)
Total pour l'Ontario											14434 (18.2)
de l'Alberta	X	X	X	X			X	X		X	1977 (21.5)
de la Colombie-Britannique	X	X	X	X	X		X	X	X	X	1727 (20.1)
de Calgary	X	X	X	X						X	1225 (19.0)
du Manitoba	X	X	X		X					X	1279 (22.9)
de Regina										X	217 (0)
Royal Roads Military College											196 (0)
de la Saskatchewan	X	X	X	X	X				X	X	1045 (24.3)
Total pour l'Ouest	X	X	X	X	X		X	X	X	X	7666 (20.2)

Les normes minimales du programme d'études en génie sont établies et surveillées par la Commission canadienne d'agrément du Conseil canadien des ingénieurs. Le Canada et les Etats-Unis sont parmi les quelques pays du monde qui possèdent des procédures d'agrément bien établies pour les programmes d'études en génie. Au Canada, les critères d'obtention du diplôme d'ingénieur sont les suivants : un semestre d'études en sciences, en conception et en synthèse du génie (dont un semestre au moins dans chacun des domaines) et un semestre d'études en humanités, en sciences sociales et en administration. Ce dernier critère élargit la portée des études de génie en y ajoutant un élément multidisciplinaire qu'on rencontre rarement dans les champs d'études professionnelles.

Le corps professoral

Lors de cette étude, 80 pour cent des 2360 professeurs enseignant en génie et en sciences appliquées à plein temps étaient des citoyens canadiens et 57 pour cent d'entre eux avaient obtenu leur diplôme de premier cycle au Canada. Quant aux autres, 23 pour cent avaient obtenu leur diplôme de premier cycle en Europe et 7 pour cent aux Etats-Unis. Dans d'autres disciplines universitaires, les chiffres de la citoyenneté et de l'obtention du diplôme de premier cycle au Canada étaient très similaires; néanmoins, 17 pour cent de tous les professeurs universitaires avaient obtenu leurs diplômes de premier cycle aux Etats-Unis.

Au cours des 25 dernières années, le pourcentage des professeurs en génie possédant un doctorat est passé de 21 pour cent à 83 pour cent alors que dans le domaine des sciences physiques, pendant la même période de temps, le pourcentage est passé de 65 pour cent à 85 pour cent. En 1981-1982, l'Ontario possédait le pourcentage le plus élevé de docteurs en génie (88 pour cent) alors que, dans les régions de l'Atlantique et au Québec, le pourcentage dépassait à peine 70 pour cent. A quelques exceptions près, le nombre de docteurs dans chacun des établissements est à peu près le même que les moyennes régionales.

Un sondage de 60 pour cent des programmes en génie a révélé que dans la plupart des établissements le corps professoral n'a que peu d'expérience industrielle. C'est particulièrement vrai dans le cas des jeunes professeurs qui ont été engagés principalement en raison de leurs titres professionnels. Sur une moyenne de 25 ans d'enseignement, 19 ont été passés à l'université, cinq dans l'industrie ou le gouvernement et un dans d'autres milieux.

La répartition des professeurs est très différente dans les quatre régions. Par exemple, le pourcentage des professeurs à plein temps dans le département de génie est de 40 pour cent dans la région de l'Atlantique et de 63 pour cent dans l'Ouest. Ceci se comprend puisque, dans la région de l'Atlantique, 30 pour cent des professeurs en génie ont été engagés au cours des cinq dernières années. On constate la même chose quand on étudie le profil des âges. Soixante-dix pour cent des professeurs sont âgés de 40 à 60 ans et 6 pour cent ont plus de 60 ans. Il est probable que quelques écoles auront des problèmes aigus lorsqu'il s'agira de remplacer les professeurs qui prendront leur retraite dans dix ou quinze ans. Finalement, 14 pour cent des professeurs en génie ont quitté l'université pendant les cinq dernières années, un nombre qui dépasse de beaucoup le nombre des professeurs mis à la retraite. On sait que ces démissions sont imputables principalement au milieu de travail, qui est de moins en moins attrayant dans les départements de génie comparativement à celui que l'on connaît dans l'industrie ou au gouvernement.

Les ressources, les subventions et les salaires

Les données sur les ressources disponibles dans les départements de génie proviennent d'un questionnaire envoyé à tous les doyens et des sondages annuels menés par le Comité national des doyens en génie et en sciences appliquées. En outre, les ministères fédéraux ont fourni des renseignements précieux sur les subventions et les marchés de recherche détenus par certains membres du corps

professoral. On a choisi les années 1976-1977 et 1981-1982 aux fins d'établissement des tendances dans la disponibilité des ressources.

Environ 70 pour cent du total des dépenses d'exploitation aux fins des programmes de formation en génie proviennent des administrations universitaires centrales, qui sont subventionnées à leur tour par les gouvernements provinciaux. Il existe trois systèmes provinciaux différents de subvention des dépenses d'exploitation. En Ontario, le système est basé sur l'unité du revenu de base : chaque université reçoit un montant basé sur le nombre d'étudiants et les montants sont attribués en raison des niveaux d'études. En Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Atlantique, on utilise des méthodes similaires. Au Québec, les fonds sont attribués aux universités sur la base des coûts réels moyens normalisés par étudiant et par établissement. Dans les provinces de l'Ouest, les subventions universitaires sont basées plus ou moins sur les subventions initiales.

Outre les revenus d'exploitation fournis par les agences provinciales, les universités ont d'autres revenus provenant des frais de scolarité (qui sont souvent fixés par les gouvernements provinciaux), des investissements institutionnels, des bourses et des marchés de recherche, des dons et dotations sous diverses formes, et des subventions gouvernementales spéciales. Dans au moins un grand département de génie, les revenus d'exploitation provenant des sources d'éducation provinciales constituent maintenant moins de 50 pour cent de son revenu total.

Le tableau 4 est une ventilation par région des dépenses d'exploitation en 1981-1982, dans les domaines de l'enseignement et du personnel de soutien, de l'équipement et des fournitures. Les différences régionales substantielles peuvent être imputables aux modes internes d'exploitation, par exemple le pourcentage d'enseignement dans le département de génie. Les subventions de recherche fédérale n'ont pas été incluses dans les données des revenus d'exploitation. Sur une base moyenne nationale, ces subventions de recherche constituent 25 pour cent des revenus d'exploitation. En Ontario, elles s'élèvent à 30 pour cent des dépenses d'exploitation et à près de 20 pour cent dans les trois autres régions.

Une analyse détaillée des salaires payés aux professeurs à plein temps révèle que le salaire moyen d'un professeur à plein temps était de 44 300 $ en 1981-82. Les salaires les moins élevés étaient payés en Ontario alors que les programmes de génie au Québec payaient le salaire moyen le plus élevé à leurs professeurs, lesquels, en moyenne, constituaient le corps professoral le plus jeune comparativement aux trois autres régions.

Un résumé comparatif de certaines données de ressources pour les années 1976-1977 et 1981-1982 apparaît au tableau 5. Ces chiffres sont étonnants car ils révèlent qu'il n'y a eu que 5,9 pour cent d'augmentation dans les dépenses par diplôme de premier cycle, en dépit d'une inflation de 30 pour cent au cours d'une période de cinq ans. En outre, le nombre des étudiants par professeur s'est accru de 15 pour cent. Il est évident que la productivité s'est accrue, mais jusqu'à quel point a-t-on sacrifié la qualité?

Comment peut-on comparer le génie aux autres disciplines? Les données de base concernant le nombre des inscriptions, des professeurs et des diplômes décernés dans chaque discipline ont été calculées d'après les chiffres fournis par Statistique Canada. Le tableau 6 est un résumé de ces renseignements de 1970-1971 à 1979-1980 dans les disciplines suivantes : le génie et les sciences appliquées, les études en gestion et en administration, et le droit. Ces données confirment que le nombre de professeurs en génie n'a pas suivi la courbe des inscriptions et des diplômes. Plusieurs études ont aussi révélé que le nombre des diplômes en génie décernés au Canada et aux Etats-Unis constitue 6 pour cent seulement du nombre total des diplômes décernés dans l'ensemble des disciplines. Dans des pays comme le Japon et l'Allemagne de l'Ouest, le nombre des diplômés en génie, comparativement au pourcentage de la population, est trois fois plus élevé qu'il ne l'est au Canada.

Tableau 4 - Ventilation des dépenses d'exploitation* (1981-1982)

Région	Personnel enseignant: équivalent de plein temps	Personnel enseignant: 10^6	Personnel enseignant: pourcentage du total régional	Personnel de soutien: équivalent de plein temps	Personnel de soutien: 10^6	Personnel de soutien: pourcentage du total régional	Equipement/fournitures: 10^6	Equipement/fournitures: pourcentage du total régional	Total (par région): 10^6	Total (par région): pourcentage du total national
Atlantique	244	8.0	(75%)	107	1.4	(13%)	1.2	(11%)	10.6	(7%)
Québec	633	33.0	(68%)	478	12.1	(25%)	3.5	(7%)	48.6	(31%)
Ontario	1113	41.7	(71%)	554	12.7	(22%)	4.6	(8%)	59.0	(37%)
Ouest	704	24.4	(61%)	366	8.6	(23%)	5.0	(13%)	38.0	(25%)
Total (toutes les régions)	2694	107.1	(69%)	1505	34.8	(22%)	14.3	(9%)	156.2	(100%)

* A l'exclusion des subventions et des marchés de recherche

Tableau 5 - Pourcentage de l'augmentation (de la diminution) des dépenses d'exploitation : de 1976-77 à 1981-82

Région	Dépenses d'exploitation	Premier cycle/$	Baccalauréat/$	Rapport étudiants-professeur
Atlantique	54.5%	18.9%	(-11.5%)	24.6%
Québec	73.3%	20.5%	5.2%	15.8%
Ontario	51.4%	23.9%	4.9%	11.9%
Ouest	89.5%	52.6%	9.8%	12.5%
National	67.4%	29.9%	5.9%	14.7%

Tableau 6 - Indicateurs de rendement de certaines disciplines universitaires (de 1970-1971 à 1979-1980)

Année universitaire	Toutes les disciplines				Génie**			
	Total pondéré des inscriptions	Professeurs	TPI* WTE* / Prof.	Diplômes / Prof.	Total pondéré des inscriptions	Professeurs	TPI* / Prof.	Diplômes / Prof.
1970-1971	371 241	24 603	15.1	3.19	37 815	2 057	18.4	2.58
1973-1974	401 519	29 245	13.7	NA	37 076	2 156	17.2	NA
1976-1977	458 615	32 082	14.3	3.01	45 611	2 351	19.4	2.57
1979-1980	468 390	32 890	14.2	3.07	49 746	2 321	21.4	3.48

Année universitaire	Etudes en gestion/administration				Etudes de droit			
	Total pondéré des inscriptions	Professeurs	TPI* / Prof.	Diplômes / Prof.	Total pondéré des inscriptions	Professeurs	TPI* / Prof.	Diplômes / Prof.
1970-1971	28 102	712	39.5	6.18	7 741	401	19.3	4.90
1973-1974	37 783	1 051	35.9	5.07	9 261	489	18.9	NA
1976-1977	50 933	1 490	34.2	5.41	10 207	560	18.2	4.80
1979-1980	62 656	1 760	35.6	5.86	10 862	569	19.1	5.30

* TPI = Total pondéré des inscriptions (premier cycle = 1, deuxième et troisième cycles = 3, temps partiel = 1/3 du temps plein)

** Comprend l'architecture et la foresterie

II. LES DEFIS QUE DOIT RELEVER LA FORMATION EN GENIE AU CANADA

Le nombre des inscriptions en génie a accusé une croissance importante au cours des dernières années. Parmi les raisons de cette croissance, notons la situation favorable de l'emploi avant 1982, la courbe décroissante des échecs dans certains établissements et le taux croissant de persistance des étudiants dans d'autres. Par ailleurs, dans la plupart des facultés canadiennes de génie, le pourcentage des heures d'enseignement des professeurs en génie s'est accru au cours de la dernière décennie. L'effet cumulatif de tous ces facteurs fait qu'en moyenne chacun des professeurs de génie a dû assimiler une croissance de la tâche d'environ 5 pour cent au cours de chacune des trois dernières années. Un grand nombre des observateurs des facultés de génie, tant internes qu'externes, pensent que cette croissance a nui à la qualité de la formation en génie.

Le programme

Les programmes en génie doivent relever deux grands défis, c'est-à-dire prévoir les changements futurs dans l'emploi des ingénieurs et incorporer de nouvelles idées et de nouvelles techniques.

La tâche de l'ingénieur comporte des travaux de gestion, de marketing, de production, de conception, de recherche et de développement (R-D). Le tableau 6 représente le pourcentage approximatif des ingénieurs dans chaque domaine, à l'heure actuelle, et celui que l'on prévoit dans dix ans.

Ces changements anticipés dans les schémas d'emploi se produiront en partie à cause de la disponibilité croissante des techniciens et des technologues, et en partie à cause des personnes ayant des connaissances en génie qui progressent fréquemment jusqu'à la gestion supérieure dans les grandes sociétés ou qui deviennent propriétaires de petites entreprises dans le secteur manufacturier et celui des services.

Tableau 6 - Pourcentage approximatif des ingénieurs dans différents domaines du génie

	1984	1995
Gestion	25 %	30 %
Marketing	10 %	10 %
Production	45 %	30 %
Conception	10 %	15 %
Recherche et développement	10 %	15 %

L'incertitude des tendances futures de l'emploi dans les domaines du génie, associée à la certitude qu'essayer de répondre aux besoins à court terme de l'industrie n'est pas un objectif de formation appropriée, pousse les formateurs en génie à relever leurs normes tant en termes de profondeur que d'ampleur. Le corps professoral veut se tenir à jour quant aux développements technologiques nécessaires aux carrières dans les domaines de la conception et des recherches, et en même temps assurer une base de réussite en gestion. L'équipement nécessaire à la conception et à la recherche a constamment besoin d'être modifié ou remplacé; quant à la gestion, elle exige qu'on mette l'accent sur l'économie du génie et les communications techniques, outre une formation générale en humanités et en sciences sociales.

A court terme, il ne sera pas possible d'introduire complètement dans tous les programmes tous les développements technologiques pertinents. Ce qui importe est de présenter un programme qui permette à chaque étudiant en génie d'acquérir immédiatement les nouveaux instruments et de s'adapter aux nouvelles situations au fur et à mesure qu'il avance dans sa carrière. Dans ce sens, même si le contenu du programme en génie est important, il faudra plutôt, si l'on veut que la formation en génie soit excellente, améliorer la qualité du corps professoral et le rendre plus accessible aux étudiants.

Si la procédure canadienne d'agrégation des ingénieurs assure que le programme répondra à certaines normes minimum, elle ne garantit pas l'excellence des candidats. Si l'on veut que les meilleurs étudiants en génie puissent exploiter toutes leurs possibilités, il faudrait qu'ils aient des contacts fréquents avec le corps professoral. Ce sera possible tant que le rapport étudiants-professeur sera maintenu dans des limites raisonnables. Ce critère permet aussi d'assurer que le corps professoral aura le temps d'intégrer les techniques et les connaissances scientifiques actuelles dans le programme.

Les étudiants

La plupart des doyens des départements de génie au Canada sont d'avis que la qualité des étudiants sortant des écoles secondaires n'a pas cessé de s'accroître. Cette croissance est imputable en partie au relèvement des normes d'admission et en partie à l'amélioration de l'enseignement des sciences et des mathématiques pendant les dernières années du secondaire. Néanmoins, on s'inquiète beaucoup du fait que les écoles secondaires n'ont pas réussi à faire ressortir l'importance de la technologie comparativement aux sciences pures, ni à améliorer la qualité de l'enseignement des sciences au niveau de la 10e année, moment où la plupart des étudiants commencent à prendre leurs premières décisions de carrière.

Il existe des différences marquées entre les provinces en matière de préparation des étudiants qui vont entrer à l'université. Ces différences n'ont pas tellement d'importance pour la plupart des étudiants puisque les universités provinciales connaissent la limite des connaissances des étudiants du secondaire dans leur propre province. Elles sont beaucoup plus importantes pour les étudiants qui fréquenteront l'université dans une autre province.

Bien que la qualité des étudiants se soit améliorée de façon générale, on n'a pas encore résolu les problèmes associés au surpeuplement, dont les tâches d'enseignement plus lourdes, les programmes tronqués, la compétition pour l'utilisation de l'équipement et des installations, ainsi que l'information technologique inadéquate des étudiants. Le Council of Ontario Deans of Engineering et d'autres conseils ont proposé de limiter la taille des classes afin d'en arriver à une qualité acceptable (tableau 8).

Finalement, à l'échelle nationale, 63 pour cent des diplômés pendant la période de 1972-1973 à 1981-1982 ont obtenu leurs diplômes dans les huit semestres scolaires réguliers, 20 pour cent l'ont obtenu en neuf semestres et 14 pour cent en dix semestres.

Tableau 8.- Limites optimales d'une classe

Type d'enseignement	Nombre d'étudiants
Cours magistral en génie, niveau I	60-120
Séance de travaux pratiques	20-30
Travaux pratiques en conception, niveau III ou IV	20
Séance de laboratoire*	15-20
Travaux pratiques en laboratoire	2
Projet semestriel en équipe	3

* Les séances de laboratoire ne doivent pas être des séances de démonstration.

Il semble qu'il y ait une croissance du taux de persistance, c'est-à-dire du nombre moyen de semestres nécessaires à l'obtention du diplôme. En outre, les établissements qui acceptent tous les candidats qui répondent aux normes minimum connaissent un taux de persistance comme un taux d'échec plus élevé que les établissements qui sont plus sévères. Dans les établissements où les normes d'admission sont minimales, plus de 50 pour cent des étudiants admis pour la première fois ont abandonné leurs études de génie avant le 5^{e} semestre, comparativement à 12 pour cent dans les établissements qui ont des conditions d'admission plus exigeantes. Le nombre d'étudiants inscrits qui termineront leurs études de premier cycle accuse aussi de grands écarts, c'est-à-dire entre 45 pour cent et 85 pour cent, ce dernier pourcentage étant celui des départements où les critères sont les plus élevés. Tous ces indicateurs révèlent que l'efficacité avec laquelle on utilise les ressources dépend des politiques d'admission. La clé du problème est au niveau des politiques d'admission en génie, souvent établies en regard d'une politique gouvernementale d'appui universitaire ou d'une politique gouvernementale générale d'accès universel. Il semble évident que certains établissements auraient avantage à établir des normes d'admission plus élevées.

Le corps professoral

La qualité du corps professoral est définitivement la pierre de touche de la qualité de la formation en génie. A l'heure actuelle, 80 pour cent des professeurs possèdent un doctorat, diplôme qui garantit leur autonomie, leur créativité et leur excellence.

Dès qu'ils font partie d'un département de génie, les professeurs doivent se tenir à jour dans leur domaine, acquérir de nouvelles connaissances en faisant des recherches, les transmettre aux étudiants et stimuler ces derniers à la créativité afin d'en faire de bons ingénieurs. Ces conditions sont plus ou moins des préalables en matière de promotion et d'avancement dans la carrière.

Le tableau 9 illustre la tâche des professeurs en génie.

La qualité de la formation exige aussi un personnel d'appui adéquat. Il faudrait un assistant par trente étudiants pour les cours magistraux, autant de techniciens pour la réparation et l'entretien de l'équipement qu'il y a de professeurs, et une secrétaire pour trois professeurs.

Un autre indicateur de l'impact de l'inscription étudiante sur la qualité de la formation est le rapport étudiants-professeur. Ceci est lié à la recherche globale concernant le programme de formation en génie. Des rapports raisonnables figurent au tableau 10.

En 1981-1982, le rapport moyen étudiants-professeur dans sept des plus vastes program-

Tableau 9 - Répartition de la tâche des professeurs en génie

Fonction	Pourcentage de temps alloué
Enseignement, travaux pratiques et conseils	25 - 50
Recherche et étudiants de 2e et 3e cycles	15 - 45
Administration interne	5 - 10
Changement de programme et suivi	10 - 15
Services à la collectivité	10 - 15

Tableau 10 - Rapport étudiants-professeur pour les divers programmes de génie

Mission du programme	Rapport étudiants-professeur
Très axé sur la recherche	8
Enseignement au niveau du 1er cycle et recherche	8-16
Axé principalement sur l'enseignement	16

mes de formation en génie du Canada était de 18, bien que la plupart de ces établissements soient considérés comme des établissements axés sur la recherche.

Installations et équipement

La plupart des observateurs admettent qu'il existe actuellement des problèmes d'équipement au niveau de la formation en génie et qu'ils seront encore plus nombreux dans peu de temps. Au cours de la dernière décennie, les installations de laboratoire en génie n'ont pas suivi la courbe des développements technologiques. Elles se sont détériorées à cause des budgets d'entretien et de remplacement minimes et de l'accroissement incessant du nombre des étudiants qui les utilisent.

Il faudrait des fonds pour les besoins suivants :

- L'exploitation, l'entretien, la réparation et le remplacement de l'équipement adéquat existant;
- le remplacement, par de nouveaux appareils, de l'équipement désuet ou démodé;
- l'introduction de nouveaux équipements correspondant aux avances technologiques récentes;
- un double équipement dans certaines écoles afin de réduire la taille des groupes de laboratoire;
- l'introduction de nouvelles expériences de laboratoire;
- les besoins de recherche du corps professoral et des étudiants des 2e et 3e cycles.

Les demandes sont énormes comparées aux fonds disponibles. Le problème se double du fait qu'un grand nombre des bâtiments qui abritent la formation en génie ont été construits dans une période où les fonds couvraient à la fois l'équipement original et une partie du coût initial d'immobilisation. Actuellement, ces mêmes bâtiments ont besoin d'être rééquipés substantiellement. La situation est encore plus grave dans les établissements installés dans de vieux bâtiments dont beaucoup remontent à près de 100 ans.

Bien des raisons empêchent d'évaluer les sommes qu'il faudrait pour remédier à la situation. Premièrement, les normes de budget d'équipement basées sur l'allocation d'une unité par étudiant (par exemple 200 $ année-étudiant pour les niveaux inférieurs, 500 $ année-étudiant pour les niveaux supérieurs) ou sur les périodes de dépréciation n'ont pas été acceptées par les universités ou les organismes de financement. Deuxièmement, les inventaires actuels de l'équipement existant ne sont pas tenus à jour dans toutes les universités. Troisièmement, les besoins d'équipement ne sont pas les mêmes pour tous les départements de génie d'une école ni dans tous les domaines au sein d'un département. Il faut donc établir une liste de priorité des besoins qui seront comblés au fur et à mesure que les fonds deviendront disponibles.

Une enquête récente auprès de plus de 3 000 détenteurs de subventions du CRSNG a révélé que la valeur totale de tout l'équipement de recherche, dans les départements de génie, équivaut à environ 60 000 $ par professeur et que le coût d'entretien annuel est d'environ 5 000 $. Le sondage a aussi révélé que près de 40 pour cent de l'équipement de recherche en génie existant a été acquis avec les fonds du CRSNG et 60 pour cent avec les fonds du département. Même si le CRSNG pouvait accroître sa part de financement de l'équipement, il est probable que les départements ne le pourraient pas. On a proposé une innovation : que certains travaux de laboratoire soient effectués en milieu industriel plutôt qu'universitaire avec la coopération de l'industrie locale.

III. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les trois conclusions les plus importantes du document sont les suivantes :

1. A cause du nombre croissant des étudiants et du besoin constant d'améliorer le contenu technologique du programme en génie, les tâches du corps professoral, dans les écoles de génie à travers le Canada, se sont accrues considérablement ces dernières années. Elles ont maintenant atteint des niveaux qui sont loin de contribuer à assurer la qualité de la formation en génie.
2. A moins qu'on introduise des changements radicaux innovatifs autant au niveau du financement que de la formation des étudiants des 2e et 3e cycles, on ne pourra former le personnel qualifié qui pourrait résoudre le problème de la tâche au niveau des programmes de formation en génie au Canada.
3. Les dépenses d'exploitation allouées au financement du personnel d'appui, de l'équipement et des fournitures sont très inférieures au niveau qui permettrait d'assurer une formation en génie de haute qualité.

Néanmoins, malgré les pressions qu'il subit, le corps professoral a accru sa productivité, autant en termes de coûts par diplôme décerné qu'en termes de tâche de travail. Jusqu'à quel point cet accroissement de la productivité a-t-il entraîné une détérioration réelle de la qualité de la formation en génie au Canada, nul ne le sait. Néanmoins, si l'on ne fait rien, il y aura une forte réduction de la qualité comme du nombre des diplômés.

<u>La formation en génie n'est pas uniquement une question de technologie</u>
Depuis le début du siècle, la formation en génie est passée de l'empirisme professionnel, par l'intermédiaire des sciences du génie, à l'interaction sociale d'une importance actuelle. Dans le but d'intégrer l'exploitation de la technologie dans la société, les programmes en génie devront consacrer plus de temps à l'étude de domaines comme les interactions entre les unités de production, les marchés internes et externes, ainsi que les milieux politiques, sociaux, économiques et humains de notre société. En même temps, il faudra offrir aux étudiants qui n'étudient pas en génie l'occasion d'avoir des contacts avec les professeurs en génie.

<u>Ce qu'il faut savoir à propos des ingénieurs</u>
Les ingénieurs forment l'un des secteurs les plus importants de ressources humaines hautement qualifiées nécessaires au développement économique. Il reste encore à résoudre de nombreuses questions concernant le nombre et la qualité de la formation des ingénieurs dans l'avenir. Il faudrait aussi en savoir plus sur les rôles traditionnels et non traditionnels du génie dans la production de la richesse.

Formation des futurs professeurs

Il faudra un grand nombre de nouveaux professeurs au cours de la prochaine décennie afin de remplacer ceux qui prennent leur retraite ou qui démissionnent, et pour réduire les rapports étudiants-professeur. De plus, les universités feront concurrence à l'industrie et au gouvernement pour obtenir les mêmes personnes hautement qualifiées.

On estime qu'il faudra annuellement 65 nouveaux professeurs en génie au Canada pendant les cinq prochaines années. Bien que le nombre actuel de doctorats en génie décernés au Canada soit environ le double de ce nombre, seulement 15 pour cent de ces docteurs envisagent une carrière universitaire. L'écart annuel pourrait s'élever à 40 par année.

L'une des meilleurs façons de combler cet écart est de créer des programmes internes de recherches en milieu industriel pour les candidats au doctorat. On aura probablement besoin de 80 candidats annuellement, en présumant que 50 pour cent d'entre eux reviendront enseigner.

Il faudrait encourager les membres du corps professoral et leur offrir l'occasion d'acquérir de l'expérience industrielle et d'accroître leur sensibilisation aux besoins du milieu industriel. Cette expérience pourrait constituer un important facteur en matière de promotion et d'augmentation du salaire.

Relations industrie-université

Dans le passé, la contribution directe de l'industrie canadienne à la formation postsecondaire a été minime. Récemment, cependant, elle s'est accrue. La réussite de l'association industrie-université exige les trois éléments suivants : la motivation, la compréhension mutuelle et les fonds. La collaboration de l'industrie, des gouvernements et des ingénieurs professionnels pourrait procurer d'immenses avantages si les départements de génie au Canada saisissaient les nouvelles occasions et relevaient les défis des années 1980 et 1990.